

## АКУСТОМАГНИТНОЕ ВОЗБУЖДЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ В ВОДНОМ РАСТВОРЕ NaCl

Бондаренко И. С.<sup>1</sup>, Аврунин О. Г.<sup>1</sup>, Бондаренко С. И.<sup>2</sup>, Кревсун А. В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Харьковский национальный университет радиоэлектроники,

г. Харьков, Украина, пр. Науки 14, E-mail: igor.bondarenko@nure.ua

<sup>2</sup>Физико-технический институт низких температур им. Б.И. Веркина,

г. Харьков, Украина, пр. Науки 47, E-mail: bondarenko@ilt.kharkov.ua

Поступательное перемещение заряженных частиц с некоторой скоростью ( $v$ ) в постоянном магнитном поле (ПМП) с индукцией ( $B$ ) вызывает появление в пространстве электрического поля ( $E$ ). Вектор  $E$  направлен под некоторым углом к направлениям векторов скорости и магнитного поля [1]. Магнитогидродинамические генераторы электрической энергии построены, в частности, на основе этого закона. Особенности перемещения заряженных частиц с переменной по величине и направлению скоростью изучаются в данной работе. В частности, такое коллективное перемещение могут совершать ионы проводящей жидкости под действием волны ультразвукового излучения (УЗИ). Биологическая среда является в основном электропроводящей жидкостью. Целями настоящих экспериментальных исследований являются проверка возможности наблюдения и величины магнитогидродинамического эффекта под действием УЗИ в водном растворе NaCl, моделирующем биологическую среду, а также определение характеристик УЗИ с помощью измерения величины возникающего в растворе электрического поля.

Измерения показали, что МГД (магнитогидродинамический) – эффект хорошо наблюдается в модельном образце биологической среды (БС). Устройство для проведения экспериментов показано на рис. 1.

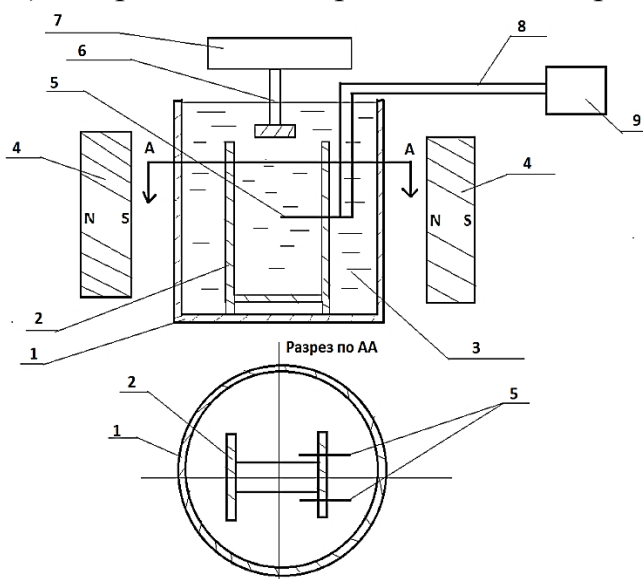


Рисунок 1 – Схема измерительного устройства:

1 – медный стакан, 2 – пластины для крепления электрических зондов, 3 – раствор NaCl, 4 – постоянные магниты, 5 – электрические зонды на расстоянии 1 друг от друга, 6 – звукопровод источника УЗИ, 7 – генератор УЗИ, 8 – провода от зондов к вольтметру, 9 – селективный микровольтметр.

В качестве источника УЗИ использовался серийный ультразвуковой диспергатор УЗДН-2Т.

Амплитуда переменного напряжения на зондах (5)  $U_{\max} = E_{\max} \times l$  на частоте ультразвука составила  $U_{\max} \approx 50$  микровольт при выходной интенсивности УЗИ диспергатора  $I_s \approx 3 \times 10^{-2}$  Вт/см<sup>2</sup>. Соответствующее значение амплитуды переменного электрического поля составило  $E_{\max} = 5 \times 10^{-3}$  В/м. Величина напряжения зависит от угловой ориентации базы зондов с длиной  $l$  по отношению к направлению постоянного магнитного поля (ПМП). Напряжение имеет максимальное значение при взаимно перпендикулярном положении базы и направления вектора ПМП, а при параллельном обращается в нуль. Это в точности соответствует векторному произведению:

$$E = v \times B \quad (1)$$

где  $v$  – амплитуда скорости перемещения частиц раствора под действием УЗИ. Интенсивность ультразвука ( $I_z$ ) в области расположения зондов можно оценить по величине наблюдаемого напряжения на основании полученной нами ранее [2] формулы:

$$I_z \approx U_{\max}^2 \cdot \rho \cdot c / (2B^2 \cdot l^2) \quad (2)$$

где в качестве приближенных значений  $\rho$  и  $c$  были взяты плотность воды и скорость звука в воде. Для параметров нашей установки из формулы (2) получаем:  $I_z \approx 10^{-2}$  Вт/см<sup>2</sup>, что близко к величине выходной мощности генератора УЗИ. Значения максимальной скорости ( $v_{\max}$ ) и амплитуды ( $A$ ) перемещения ионов раствора, а также давления ( $P$ ) акустической волны могут быть получены с помощью ранее полученных в [2] соотношений на основании измеренного значения электрического напряжения  $U_{\max}$  и формулы (2).

Экспериментально доказано, что в электропроводящей жидкости в виде водного раствора NaCl, моделирующего биологическую среду, возникает переменное электрическое поле под действием ультразвукового излучения и постоянного магнитного поля. Направление и величина электрического поля определяются базовым соотношением (1) между скоростью перемещения электрических зарядов жидкости и магнитным полем, что соответствует существованию магнитогидродинамического эффекта в жидкости. Достаточно большая величина регистрируемого напряжения (50 мкВ) на зондах с малой базой (10мм) при малой скорости (1см/с) движения проводящей среды говорит о перспективности использования МГД-эффекта, в частности, для определения приращения скорости движения крови по сосудам во время сердечных сокращений.

### Список литературы

1. Роза Р. Магнитогидродинамическое преобразование энергии / Р. Роза. – Москва, 1979. – 252с.
2. Бондаренко И.С. Магнитная гидродинамика биологической среды / И.С. Бондаренко, О.Г. Аврунин // Актуальные проблемы автоматизации и приборостроения: материалы 1-й Международной научной и технической конференции. – 2017. – С. 252.